

JOSÉ SÁNCHEZ CERQUERO (1784-1850) Y EL PROBLEMA DE DOUWES

Noticia sobre sus *Reflexiones sobre el método de hallar la latitud en la mar por medio de dos alturas del Sol observadas fuera del meridiano* (1823)

Itsaso IBÁÑEZ
Universidad del País Vasco

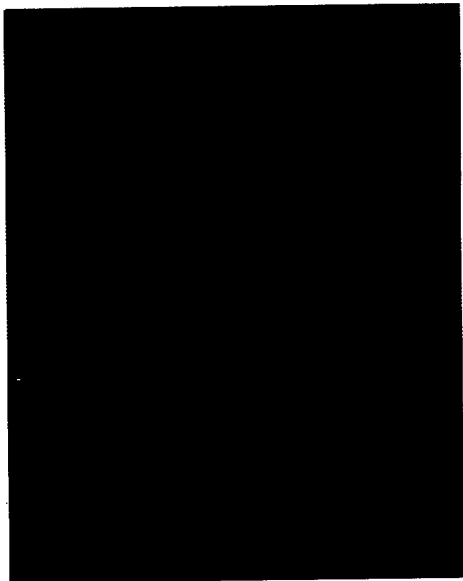
Semblanza

José Sánchez Cerquero (San Fernando, 1784-1850) ingresó en la Armada como meritorio en 1798, dedicándose después al estudio de las matemáticas y demás materias que se exigían para ingresar en el Cuerpo de Ingenieros Navales, al que se incorporó en 1805. Tras distinguirse brillantemente por los servicios prestados durante la guerra de la Independencia, en 1812 fue nombrado primer maestro de la Academia de Guardias Marinas de Cartagena, cargo que ocupó hasta que en 1816 fue destinado como oficial observador astrónomo al Observatorio de Marina de San Fernando, en cuyo Almanaque publicó buena parte de sus trabajos. Su preocupación por mantener al día este establecimiento, del que fue nombrado director en 1825, le llevó a viajar por Europa, sobre todo a Londres (1829 y 1836), donde contrató la construcción de instrumentos para el mismo, ejercitándose también en su manejo con los que de igual clase existían en el Observatorio de Greenwich. En 1830 fue nombrado miembro de la Sociedad Astronómica de Londres. Debido a problemas de salud, en mayo de 1847 el director general de la Armada retiró a Sánchez Cerquero de su empleo de director del Observatorio, premiando su dedicación con el ascenso a brigadier de la Armada (1).

Son varios los autores (2) que relacionan los trabajos de Cerquero, quien realizó aportaciones importantes tanto en el campo de las matemáticas como en de la astronomía y la navegación. En esta última área, además del trabajo

(1) Reseña elaborada a partir de: PAVÍA, Francisco de Paula: *Galería biográfica de los generales de marina, jefes y personajes notables que figuraron en la misma corporación desde 1700 a 1868*, 4 vols. Imp. F. García y D. Caravera, Madrid, 1873-1874, t. III, pp. 455-459; a excepción de la fecha de nacimiento, que ha sido tomada de LLABRÉS BERNAL, Juan: *Aportación de los españoles al conocimiento de la ciencia náutica 1801-1950 (ensayo bibliográfico)*. Imprenta Lulio, Palma de Mallorca, 1959, pp. 24-25.

(2) FERNÁNDEZ DE NAVARRETE, Martín: *Biblioteca marítima española*, 2 vols. Imprenta Vda. de Calero, Madrid, 1851, t. II, pp. 115-117 (incompleta pues no abarca los últimos trabajos de Cerquero); GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Francisco José: *Astronomía y navegación en España, siglos XVI-XVIII*. Ed. Mapfre, Madrid, 1992, pp. 231-232 (que recoge los trabajos que publicó en



El brigadier de la Armada José Sánchez Cerquero. Óleo sobre lienzo, de J. Fernández Cruzado. 107 x 85 cm (Museo Naval, Madrid, núm. inv. 758).

que nos ocupa, insertado en 1823 en el *Almanaque Náutico para el año 1826*, destacan otros, también difundidos a través de esta publicación, como los que se refieren a la ecuación de alturas correspondientes (*Almanaque para 1823*), al uso de las alturas circunmeridianas para la determinación de la latitud (*Almanaque para 1821* y *Almanaque para 1829*), o a la exactitud de las observaciones realizadas con instrumentos de reflexión (*Almanaque para 1838*). Asimismo, se debe a este autor la *Explicación* que acompañó a las ediciones españolas de las *Tablas de navegación* de J. Mendoza y Ríos (1762-1816) (3), que vieron la luz a partir de 1850.

J. Sánchez Cerquero puede considerarse un marino de formación ilustrada que al amparo de la Armada española desarrolló su labor científica, en las primeras décadas del

siglo XIX. El trabajo desarrollado de forma aislada por este hombre de ciencia, junto con el realizado por algunos de sus colegas —marinos militares— contemporáneos, viene a probar que en esta época, en España, también existían buenos cultivadores de la ciencia, a pesar de la difícil coyuntura que estas actividades atravesaron, como consecuencia de las adversas condiciones políticas sufridas durante este período.

el *Almanaque Náutico*); VERNET, Juan: *Historia de la ciencia española*. Instituto de España, Cátedra Alfonso X el Sabio, Madrid, 1975, pp. 234-236 (donde se dedica especial atención a su último trabajo: «Elementos de cronología analítica»); LÓPEZ PIÑERO, José María, y otros: *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, 2 vols. Ediciones Península, Barcelona, 1983, t. II, pp. 293-295 (el índice más completo de los consultados, elaborado por V. Navarro). Cerquero también editó una revista científica, véase: AUSEJO, Elena: «Le *Periódico Mensual de Ciencias Matemáticas y Físicas* (Cádiz, 1848), premier journal scientifique spagnol: la constitution d'une communauté?», *Rivista di Storia della Scienza*, 2.^a serie. Milán, 1995, 3, 1, pp. 55-66.

(3) En su producción literaria, Mendoza y Ríos atendió, fundamentalmente, a aspectos relacionados con la navegación. Su obra maestra fue su célebre *Colección de tablas para varios usos de la navegación*, publicada en la Imprenta Real, en Madrid, en 1800. Sin embargo, las aportaciones de Mendoza pueden considerarse parcialmente producidas en Inglaterra, donde se estableció a partir de 1789, cuando fue comisionado a Londres por el gobierno español. De hecho, los británicos han incluido su biografía, elaborada por Eduardo Ortiz, en: *The New Dictionary of National Biography*. The British Academy and Oxford University Press, Oxford, 2000.

El problema de Douwes

Durante siglos la navegación marítima estuvo condicionada por la dificultad de obtener la latitud y la longitud, las dos coordenadas geográficas que definen la situación del buque en la mar. Desde antiguo, se sabía obtener la latitud, con suficiente precisión, por la observación de las estrellas próximas al polo o del Sol a mediodía. El cálculo de la longitud, sin embargo, era más problemático, y no se resolvería satisfactoriamente hasta bien entrado el siglo XVIII. Los procedimientos desarrollados para la determinación de ambas coordenadas siguieron caminos separados hasta que en el siglo XIX se descubrieron las rectas de altura, sencillo método que, combinando el cálculo analítico con el trazado gráfico, hizo practicable la obtención simultánea de una y otra distancia.

En lo que se refiere a la latitud, aunque su obtención no ofrecía dificultad, estaba supeditada, sobre todo durante el día, a la observación del Sol en un momento determinado: el de su paso por el meridiano del buque. Los esfuerzos se encaminaron a vencer este obstáculo, desarrollando procedimientos que permitieran observar el astro en cualquier instante (4).

La iniciación de los métodos basados en observaciones extraméricas de los astros se encuentra en el *Tratado de la Sphera* (1537) de Pedro Núñez (1502-1578), quien resolvió el problema de forma gráfica, empleando esferas (5). Otros siguieron investigando y, al parecer, fue Nicolas Fatio de Duillier, en su *Navigation Improved* (1728), el primero en afrontar este problema de forma analítica. El método directo que planteaba era, en teoría, sencillo; pero las operaciones que requería, complejas y laboriosas, hicieron que no fuese utilizado en la práctica (6). Según señala S. García Franco (7), el cálculo se hizo asequible cuando Cornelio van Douwes dio su procedimiento indirecto hacia 1740. Douwes introdujo en el cálculo la latitud de estima (característica de los métodos indirectos) y consideró constante la declinación del Sol en el intervalo entre las observaciones. Su método, a pesar de no dar siempre resultados suficientemente exactos, tuvo gran aceptación entre los marinos pues consiguió simplificar el cálculo considerablemente. Douwes remitió al Almirantazgo inglés las tablas elaboradas para facilitar la práctica de su método, por las que fue premiado con 50 libras esterlinas por los comisarios de la longitud (8).

(4) Un completo resumen de los trabajos relacionados con este problema se encuentra en: MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Recherches sur les solutions des principaux problèmes de l'astronomie nautique par... capitaine de vaisseau de la marine royale d'Espagne, membre de la société royale de Londres, &c. Lues à cette société et publiées dans ses Transactions Philosophiques*, Londres, 1797, pp. 5-6.

(5) Así se señala en: GARCÍA FRANCO, Salvador: *Historia del arte y ciencia de navegar*, 2 vols. Instituto Histórico de Marina, Madrid, 1947, t. I, p. 182.

(6) Así se indica en: SELLÉS, Manuel A.: *Astronomía náutica en la España del siglo XVIII* (tesis doctoral). UNED, Madrid, 1986, p. 138.

(7) GARCÍA FRANCO, S.: *op. cit.*, t. I, p. 193.

(8) MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Tratado de navegación*, 2 vols. Imprenta Real, Madrid, 1787, t. II, p. 285.

Posteriormente, muchos han sido los autores que han abordado la cuestión del cálculo de la latitud por dos alturas extrameridianas del Sol y el intervalo de tiempo transcurrido entre ambas observaciones, que vino en denominarse «problema de Douwes» (9), entre los que destacan: J. Mendoza y Ríos (10), J. B. J. Delambre (1749-1822) (11) y J. Sánchez Cerquero (12).

En 1787, en su *Tratado de navegación* (13), Mendoza reconstruyó la teoría del procedimiento de Douwes, examinando, además, las circunstancias más favorables para su aplicación. En esta obra, Mendoza ya anunciaba la próxima publicación de su *Colección de tablas*, en la que, refiriéndose al método de Douwes, se proponía ofrecer «las reglas prácticas particulares de su uso, modificaciones que le convienen, y sus circunstancias ventajosas» (14). Así, en 1795 (15), Mendoza presentó las expresiones que proporcionaban la latitud a partir de los mismos datos que Douwes (dos alturas del Sol, intervalo entre las observaciones, declinación del Sol y latitud estimada), pero evitando mezclar distintos entes matemáticos, como los senos naturales y los logaritmos de los números naturales, para poder componer con más sencillez su *Colección de tablas*, entonces en proceso de elaboración.

Estas tablas, publicadas en 1800 (16), incluían una *Explicación* sobre la forma en que debían utilizarse para resolver un número de problemas de navegación, seis de los cuales (17) se dedicaban a «hallar la latitud de la nave por dos alturas de sol tomadas en diferentes lugares, el intervalo de los instantes en que se observaron, y la latitud de estima», deduciendo primero bien el horario mayor o bien el medio y, en ambos casos, empleando tanto las tablas ordinarias de logaritmos como las del propio Mendoza.

(9) Este procedimiento de determinación de la latitud también se conoce como «método de la doble altura».

(10) Entre otros, en: MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Tratado de Navegación*. 1787, *op. cit.*, t. II, pp. 284-312; —*Memoria sobre algunos métodos nuevos de calcular la longitud por las distancias lunares y aplicación de su teórica a la solución de otros problemas de navegación*. Imprenta Real, Madrid, 1795, pp. 10-11; la Explicación de sus Tablas inglesas: —*A complete collection of Tables for navigation and nautical astronomy...*, 2.^a ed. T. Bensley, Londres, 1809, pp. 35-38.

(11) Delambre publicó tres memorias sobre el problema que nos ocupa en la *Connaissance des Temps*, para los años de 1811, 1817 y 1822.

(12) SÁNCHEZ CERQUERO, José: *Reflexiones sobre el método de hallar la latitud en la mar por medio de dos alturas del Sol, observadas fuera del meridiano*. Imprenta Nacional, Madrid, 1823. Memoria que había sido publicada ese mismo año en el *Almanaque Náutico para el año de 1826*.

(13) MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Tratado de navegación*, t. II, pp. 285-291.

(14) *Ibidem*, p. 288.

(15) MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Memoria sobre algunos métodos nuevos...*, pp. 10-11.

(16) MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Colección de tablas para varios usos de la navegación por...*

(17) *Ibidem*, problemas XIX, XX XXI, XXII, XIII y XXIV, pp. 18-26.

En 1809, en la segunda edición inglesa de las tablas (18), ampliamente utilizadas por los marinos españoles (19), el problema de Douwes se resolvía sólo por el método directo de Mendoza (20), en el que no intervenía la latitud de estima, pero sí se consideraba invariable la declinación media del Sol durante el intervalo.

El astrónomo francés Delambre analizó el método indirecto de Douwes (21), probando que, al utilizar una latitud de estima, se obtenía una solución que, en el mejor de los casos, mejoraba sólo ligeramente la latitud supuesta de partida y, si se intentaba corregir esta inexactitud, el cálculo resultaba más largo y laborioso que el método directo. Demostró, asimismo, que la práctica admitida de no llevar en cuenta la variación de la declinación del astro en el intervalo de las observaciones, podía producir en la latitud calculada un error mayor que la variación de la declinación durante el intervalo (22).

La solución de J. Sánchez Cerquero: *Reflexiones sobre el método de hallar la latitud en la mar por medio de dos alturas del Sol observadas fuera del meridiano* (1823)

Los trabajos de Mendoza y Delambre fueron examinados, en 1823, por Sánchez Cerquero en esta memoria (23) que, además de ser insertada en el *Almanaque Náutico para el año 1826*, tuvo una tirada aparte (Imprenta Nacional, Madrid, 1823) a la que corresponde el ejemplar que se ha examinado. Se

(18) MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *A complete collection of tables for navigation and nautical astronomy with simple, concise and accurate methods, for all the calculation useful at sea; particularly for deducing the longitude from lunar distances, and the latitude from two altitudes of the sun and the interval of time between the observations by... Second edition improved*. T. Bensley, Londres, 1809.

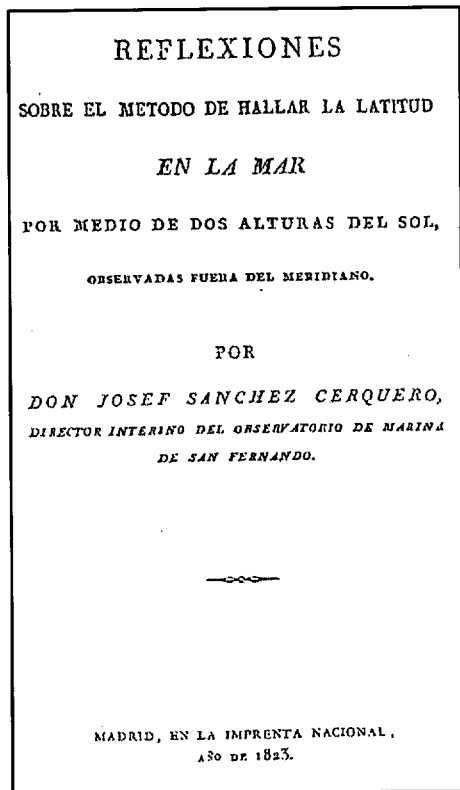
(19) Sobre todo, a partir de la publicación de: MARTÍNEZ Y TACÓN, A.: *Traducción de la Explicación, Problemas y Exemplos de la segunda edición de las tablas náuticas de D. José de Mendoza y Ríos, impresa en Londres en 1809, que incluye todo lo que tiene la primera publicada en 1805 que falta en ésta, para que pueda servir igualmente para una y otra, con una Memoria original sobre la práctica de las observaciones en la mar, y sobre varios problemas interesantes del pilotage astronómico, por...* Imprenta de la Real Compañía de Guardias Marinas, San Fernando, 1815.

(20) MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *A complete collection...*, problem XIV: «To find the latitude of a ship at sea, by observed altitudes of the Sun, and the interval of time elapsed between the observations», pp. 35-38.

(21) DELAMBRE, J. B. J.: «Nouvelles réflexions sur la méthode de Douwes, et solutions diverses du problème où l'on se propose de déterminer la latitude par deux hauteurs observées hors du méridien», *Connaissance des Temps... pour l'an 1822*, París, 1820, pp. 316-345.

(22) DELAMBRE, J. B. J.: «Nouvelles recherches sur les méthodes qui servent à trouver la latitude par deux hauteurs d'un même astre hors du méridien», *Connaissance des Temps... pour l'an 1817*, París, 1815, pp. 283-306.

(23) En 1823, en sus *Reflexiones...*, Cerquero examinó, además de los trabajos de Mendoza y Delambre, el publicado con el título «Sobre el método de hallar la latitud, cuando no se puede observar la altura meridiana del Sol», en el *Almanaque Náutico para el año de 1824*, Madrid, 1821, pp. 23-28, en el que se reproducía una carta del Sr. Dubourguet al Sr. barón de Zach.



Portada de las *Reflexiones sobre el método de hallar la latitud en la mar por medio de dos alturas del Sol observadas fuera del meridiano* (1823), de J. Sánchez Cerquero.

do, formado en los lugares del Sol y en el zenit, y el tercero, formado en el zenit, polo elegido, y de las dos posiciones del Sol, la de altura más baja.

En el primer triángulo se conocen las dos distancias polares (Δ y Δ') y el ángulo en el polo (t), que es el intervalo de tiempo verdadero transcurrido entre las observaciones y reducido a partes de ecuador. Llamando A al arco de círculo máximo comprendido entre las dos posiciones sucesivas del centro del astro, obtuvo:

$$\text{sen } \frac{1}{2} A = \text{sen } \frac{1}{2} t \sqrt{\text{sen } \Delta \text{ sen } \Delta'}$$

(24) SÁNCHEZ CERQUERO, José: *op. cit.*, p. 4.

trata de un folleto de 26 páginas, carente de figuras, cuya primera mitad está dedicada a establecer la base teórica de la solución al problema, mientras que la segunda queda reservada para la práctica del método propuesto.

Coincidiendo con Delambre en que debían evitarse los métodos indirectos, Cerquero corrigió el procedimiento de Mendoza (24), ofreciendo a los marinos una solución sencilla, que proporcionaba buenos resultados en cualquier caso. Para Cerquero, la solución de Mendoza, según aparecía en la explicación de sus tablas inglesas, presentaba tres defectos fundamentales, a saber: 1) usar la declinación media; 2) hallar el ángulo C en función de su seno, lo que genera incertidumbre cuando está próximo a los 90° , y 3) no poder determinar la especie de la latitud cuando, estando en las proximidades del ecuador, la latitud sea menor que el máximo error que pueda tener la de estima.

En la solución del problema, Sánchez Cerquero consideró tres triángulos esféricos: el primero, formado en las dos posiciones sucesivas del centro del Sol, y en el polo elevado; el segundo,

Cerquero determinó el ángulo C, formado en la posición más baja del Sol, por la fórmula (25):

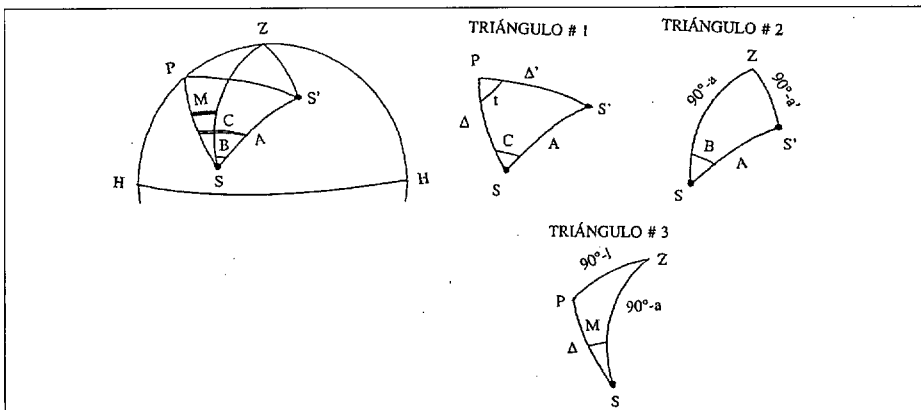
$$\cos \frac{1}{2} C = \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2} S \sin \left(\frac{1}{2} S - \Delta' \right)}{\sin \Delta \sin \Delta}}, \text{ donde } S = A + \Delta + \Delta'$$

En el segundo triángulo, formado por el arco A y las dos distancias zenitales ($90^\circ - b$ y $90^\circ - a'$), se conocen los tres lados, y para la determinación del ángulo B, formado en la posición más baja del Sol, utilizó la expresión:

$$\sin \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{\cos \frac{1}{2} S' \sin \left(\frac{1}{2} S' - a' \right)}{\cos a \sin A}}, \text{ donde } S = A + a + a'$$

En el tercer triángulo, se conoce la distancia polar (Δ), el complemento de la altura menor ($90^\circ - a$) y el ángulo comprendido, M, igual a la suma o diferencia de B y C. El lado opuesto a dicho ángulo es el complemento de la latitud que se busca ($90^\circ - l$), que calculó de la siguiente manera:

$$Tg \varphi = ctg a \cos M; \text{ sen } l = \frac{\text{sen } a \cos (\Delta - \varphi)}{\cos \varphi}$$



Triángulos esféricos utilizados por J. Sánchez Cerquero en su solución del problema de Douwes. En la figura, P = polo; Z = zenit; H = horizonte; S = posición más baja del Sol; S' = posición más alta del Sol.

(25) En el ejemplar examinado de estas *Reflexiones...*, localizado en el Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, existen numerosas correcciones manuscritas. Éstas no afectan a esta fórmula, que en p. 5 está expresada erróneamente, ya que dice «Sen 1/2 (S - Δ')», en lugar de sen (1/2 S - Δ'); aunque, después, es aplicada correctamente en la resolución del problema dado en p. 16.

En la práctica del método, Sánchez Cerquero corregía la altura menor, para reducirla a lo que habría sido si ambas alturas se hubieran tomado en el mismo lugar en que se observó la mayor. La latitud resultante era, por tanto, la que se tenía a la hora de la altura mayor.

Asimismo, dio reglas prácticas para aplicar la solución exacta del problema, que ilustró con un ejemplo que resolvió utilizando las tablas ordinarias de logaritmos y las tablas inglesas de Mendoza, aunque mostrándose más favorable al empleo de estas últimas por abreviar considerablemente la operación. Comparó, además, su método con el de Mendoza, y de dicho cotejo concluyó que «nada se abrevia suponiendo la declinación constante; y así esta hipótesis quita exactitud al resultado sin facilitar la operación» (26).

Colofón

El trabajo de Sánchez Cerquero ha sido considerado el punto final de la investigación sobre el problema de la latitud por dos alturas no meridianas del Sol (27), al conseguir reunir exactitud y sencillez en la aplicación de su método (28).

En esta obra, que fue traducida rápidamente a varias lenguas (29), partiendo de un planteamiento teórico riguroso, Cerquero no esquivó los aspectos prácticos, sabedor del carácter decisivo de éstos para el éxito de un nuevo procedimiento; así, por ejemplo, puso mucho mayor empeño en abreviar el cálculo que sus antecesores.

Su utilización, al menos en España, quedó garantizada cuando sustituyó al propuesto por Mendoza en el «Problema XIV» (Hallar la latitud de un buque en la mar por dos alturas observadas del Sol, y el intervalo de tiempo entre las observaciones) de la explicación de sus tablas, lo que sucedió a partir de 1850, año de la que ha sido considerada segunda edición española de la

(26) SÁNCHEZ CERQUERO, José: *op. cit.*, p. 26.

(27) Véanse, por ejemplo, MÁRQUEZ Y ROCO, Francisco de Paula: «Breve reseña de la historia de las ciencias náuticas en nuestra península (1)» *Revista General de Marina*, Madrid, 1883, t. XIII, pp.157-169, p.160, y GARCÍA FRANCO, Salvador: *op.cit.*, t. I, p. 196.

(28) Por esta razón, resulta cuando menos sorprendente encontrar trabajos muy posteriores al de Sánchez Cerquero que proponen soluciones indirectas al «problema de Douwes». En este sentido, llama especialmente la atención el trabajo de José Benito de Goldaracena (1822-1870), catedrático de Cosmografía, Pilotaje y Maniobra en la Escuela de Náutica de Bilbao, publicado casi 30 años después de que se conociera la memoria de Cerquero: GOLDARACENA, José Benito de: *Métodos para calcular la latitud por dos alturas del sol no meridianas*. Imprenta Delmas, Bilbao, 1852. Esta obra ha sido analizada en un trabajo que, lamentablemente, ha sido publicado severamente mutilado. Véase: IBÁÑEZ, Itsaso: «Aportación a la náutica de José Benito de Goldaracena (1822-1870). *Métodos para calcular la latitud por dos alturas del Sol no meridianas* (1852)». En: J. J. Achútegui; J. M. Castanedo; M. Cisneros; J. Llombart (Comité Organizador): *I Simposio de Historia de las Técnicas. La Construcción Naval y la Navegación*. Cantabria 26, 27 y 28 octubre 1995. Universidad de Cantabria, Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, Santander, 1996, pp. 291-298.

(29) VERNET, Juan: *op. cit.*, p. 234.

Colección de Mendoza (30) cuya explicación elaboró el propio Cerquero (31) y que, igualmente, acompañaría a las ediciones posteriores realizadas durante el siglo XIX (32).

El procedimiento de Douwes para determinar la latitud fue abandonado al comenzar a utilizarse los cronómetros, de forma generalizada, para el cálculo de la situación, y su utilización quedó relegada a los casos en que el estado del cielo impedía la observación de la altura meridiana o circunmeridiana.

Fuentes y bibliografía

DELAMBRE, J. B. J.: «Nouvelles recherches sur les méthodes qui servent à trouver la latitude par deux hauteurs d'un même astre hors du méridien», *Connaissance des Temps... pour l'an 1817*. París, 1815, pp. 283-306.

— «Nouvelles réflexions sur la méthode de Douwes, et solutions diverses du problème où l'on se propose de déterminer la latitude par deux hauteurs observées hors du méridien», *Connaissance des Temps... pour l'an 1822*. París, 1820, pp. 316-345.

GOLDARACENA, José Benito de: *Métodos para calcular la latitud por dos alturas del sol no meridianas*. Imprenta Delmas, Bilbao, 1852

MARTÍNEZ Y TACÓN, A.: *Traducción de la Explicación, Problemas y Ejemplos de la segunda edición de las tablas náuticas de D. José de Mendoza y Ríos, impresa en Londres en 1809, que incluye todo lo que tiene la primera publicada en 1805 que falta en ésta, para que pueda servir igualmente para una y otra, con una Memoria original sobre la práctica de las observaciones en la mar, y sobre varios problemas interesantes del pilotaje astronómico, por...* Imprenta de la Real Compañía de Guardias Marinas, San Fernando, 1815.

MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Tratado de navegación*. 2 vols. Imprenta Real, Madrid, 1787.

— *Memoria sobre algunos métodos nuevos de calcular la longitud por las distancias lunares y aplicación de su teórica a la solución de otros problemas de navegación*. Imprenta Real, Madrid, 1795.

— *Recherches sur les solutions des principaux problèmes de l'astronomie nautique par... capitaine de vaisseau de la marine royale d'Espagne, membre de la société royale de Londres, &c. Lues à cette société et publiées dans ses Transactions Philosophiques*. Londres, 1797.

(30) MENDOZA Y RÍOS, Joseph de: *Colección completa de Tablas para los usos de la navegación y astronomía náutica, por el capitán de navío de la Armada que fue D. ..., de la Real Sociedad de Londres*. Imprenta de J. Marín Alegría, Madrid, 1850.

(31) SÁNCHEZ CERQUERO, José: *Explicación de las Tablas de Navegación y Astronomía Náutica de D. José de Mendoza y Ríos. Con todos los problemas y ejemplos que son necesarios para la completa inteligencia de su uso y manejo, y de los principios en que está fundada su ingeniosa teoría, por...* Edición estereotípica, Primera Tirada. Imprenta de J. Marín Alegría, Madrid, 1851.

(32) A la edición de 1850 siguieron las de 1863, 1873, 1884, y 1898.

— *Colección de Tablas para varios usos de la navegación*. Imprenta Real, Madrid, 1800.

— *A complete collection of tables for navigation and nautical astronomy with simple, concise and accurate methods, for all the calculation useful at sea; particularly for deducing the longitude from lunar distances, and the latitude from two altitudes of the sun and the interval of time between the observations by... Second edition improved*. T. Bensley, Londres, 1809.

— *Colección completa de Tablas para los usos de la navegación y astronomía náutica, por el capitán de navío de la Armada que fue D. ..., de la Real Sociedad de Londres*. Imp. de J. Martín Alegría, Madrid, 1850.

SÁNCHEZ CERQUERO, José: *Reflexiones sobre el método de hallar la latitud en la mar por medio de dos alturas del Sol, observadas fuera del meridiano*. Imprenta Nacional, Madrid, 1823. Memoria que había sido publicada ese mismo año en el *Almanaque Náutico para el año de 1826*.

— *Explicación de las Tablas de Navegación y Astronomía Náutica de D. José de Mendoza y Ríos. Con todos los problemas y ejemplos que son necesarios para la completa inteligencia de su uso y manejo, y de los principios en que está fundada su ingeniosa teoría, por... Edición estereotípica, Primera Tirada*. Imprenta de J. Marín Alegría, Madrid, 1851.

AUSEJO, Elena: «Le Periódico Mensual de Ciencias Matemáticas y Físicas (Cádiz, 1848), premier journal scientifique spagnol: la constitution d'une communauté?» *Rivista di Storia della Scienza*, 2.^a serie, Milán, 1995, 3, 1, pp. 55-66.

GARCÍA FRANCO, Salvador: *Historia del arte y ciencia de navegar*. 2 vols. Instituto Histórico de Marina, Madrid, 1947.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Francisco José: *Astronomía y navegación en España, siglos XVI-XVIII*. Ed. Mapfre, Madrid, 1992.

IBÁÑEZ, Itsaso: «Aportación a la náutica de José Benito de Goldaracena (1822-1870): *Métodos para calcular la latitud por dos alturas del Sol no meridianas (1852)*». En: J. J. Achútegui; J. M. Castanedo; M. Cisneros; J. Lombart (Comité Organizador): *I Simposio de Historia de las Técnicas. La Construcción Naval y la Navegación*. Cantabria 26, 27 y 28 octubre 1995. Universidad de Cantabria, Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, Santander, 1996, pp. 291-298.

LLABRÉS BERNAL, Juan: *Aportación de los españoles al conocimiento de la ciencia náutica 1801-1950 (ensayo bibliográfico)*. Imprenta Lulio, Palma de Mallorca, 1959.

ORTIZ, Eduardo: *The new dictionary of national biography*. The British Academy and Oxford University Press, Oxford, 2000, voz: MENDOZA Y RÍOS, Joseph de.

SELLÉS, Manuel A.: *Astronomía náutica en la España del siglo XVIII*. Tesis doctoral, UNED, Madrid, 1986.

VERNET, Juan: *Historia de la ciencia española*. Instituto de España, Cátedra «Alfonso X el Sabio», Madrid, 1975.